

ゲーム理論を用いた企業の始業時刻推定手法に関する研究

(財)計量計画研究所 正会員 ○原田 知可子
 富士急建設(株) 非会員 鍋山 弘道
 芝浦工業大学 正会員 岩倉 成志

1. はじめに

東京圏の都市鉄道の通勤・通学時の車内混雑は大変劣悪な状況であり、長年の政策課題となっている。この問題を解決するには、輸送力の増強とともに、フレックスタイム制の増進や、時間差定期券の導入といった TDM 施策が有効と言われている。

そこで、本研究では企業の始業時刻の決定要因を把握し、企業の始業時刻の決定をモデル化する方法について検討する。

2. 始業時刻が生産性に与える影響

企業は利潤が最大となるように始業時刻を決定し生産活動を行う。関連企業や官公庁との就業時間のずれが生産性の低下につながると考え、関連企業と就業時間が重なるように始業する。つまり、時間集積による経済性が強く働くように始業する¹⁾²⁾。ゆえに、多くの企業は同じ時刻に始業し、通勤者はその時刻に合わせて通勤しているといえる。ピーク時に運賃負担をかけるピークロードプライシング(以下 PLP)が導入されるとき、企業は利潤を低下させないよう始業時刻を変更すると考えられる。

これを確認するために、東京本社の上場企業 1703 社を対象に分析を行う。まず、始業時刻の決定理由を把握するために、アンケート調査を行った。調査内容は、始業時刻や就業形態の適用に関するもので、168 社(9.9%)回収した。調査による企業の始業時刻の決定理由は、社外(取引先)との関係が 50%、顧客サービスとの関係が 35%と社外との関係を回答している企業が多く、関連会社と就業時間が重なるように始業時刻を決定していることが裏付けられた。

3. 生産性に関する分析

始業時刻が生産性に与える影響を表現するために、資本(K)、労働(L)といった生産要素に加えて、時間集

積性(L^*)やフレックスタイム制度適用の有無(FT)を考慮したコブ=ラグラス型生産関数によって表現する((1)式)。用いるデータは、生産額(Y)、K、L については、2003 年 3 月末期までの決算書データを用いる。K は総資産、L は就業者数、Y は売上高とした。

時間集積の変数は、企業の始業時刻をベースに作成する。始業時刻とフレックスタイム制度等の適用の有無は各企業のホームページ等から 1185 社の本社または、代表的な始業時刻を収集した。

時間集積性(L^*)は、自社 i の始業時刻に関連がある企業 j と同時刻に始業することにより生産性を増加させることができるという仮定から、自社の始業時刻 t の時の他産業始業割合(R_{jt})と、東京都産業連関表より作成した産業別取引割合(P_{ij})を乗じて足し合わせた変数を作成した((2)式)。

$$Y_{it} = K_i^\alpha L_i^\beta \exp(\gamma FT_{iDummy} + \mu L_{it}^*) \quad (1)$$

$$L_{it}^* = \sum_j R_{jt} P_{ij} \quad (2)$$

パラメータの推定結果を表 1 に示す。モデルの精度は全て相関係数が 0.89 以上と高い。また、資本、労働ともに有意で、FT 等の適用ダミーがマイナスの産業は、FT 等の導入によって生産性を低下させる要因であると言える。また、 L^* は、金融・保険・不動産業、運輸・通信業の順に大きく、パラメータが正の値で有意であることから、時間集積性の経済が働くといえる。また、サービス業、小売業は時間集積性は小さい。これは他の産業に比べて始業時刻が集中していないためと考えられる。

4. ゲーム理論を用いた企業の始業時刻決定手法

(1) 始業時刻の推定方法

企業は、他の企業の始業時刻を考えて自社の始業時刻を決定していると言える。この相互依存関係を表現するために、ゲーム理論を用いる。

ゲーム理論は、複数の利害関係者が意思決定する状況において、意志決定者の行動を他の意思決定者

キーワード：始業時刻、生産関数、ゲーム理論

連絡先：(財)計量計画研究所

〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町 2-9

TEL：03-3268-9911 FAX：03-3268-9919

表1. 時間集積性を考慮した生産関数の推定結果

	定数項	資本	労働	時間集積性	FTの有無	相関係数	サンプル
全産業	1.331 **	0.629 **	0.360 **	0.426 **	-0.051	0.922	1185
金融業等	3.140 **	0.363 **	0.417 **	1.560 **	0.286	0.853	96
運輸・通信業	0.901 **	0.755 **	0.200 **	0.490 **	0.062	0.947	177
建設業	1.573 **	0.495 **	0.582 **	0.221	-0.086	0.970	86
製造業	0.593 **	0.672 **	0.407 **	0.070	-0.042	0.967	522
卸売業	-0.463	1.035 *	0.085	0.018	0.115	0.952	144
サービス業	1.106 **	0.778 **	0.198 **	-0.066	-0.287 *	0.922	102
小売業	1.503 **	0.747 **	0.232 **	-0.091	0.209	0.952	48

**5%、*10%有意

表2. 戦略別生産額による利得表

		B社					
		(100億円)		戦略①		戦略②	
A社	戦略①	3,793	3,574	3,627	3,574	3,664	3,574
	戦略②	3,628	3,574	3,667	3,574	3,650	3,574
	戦略③	3,666	3,574	3,651	3,574	3,650	3,574

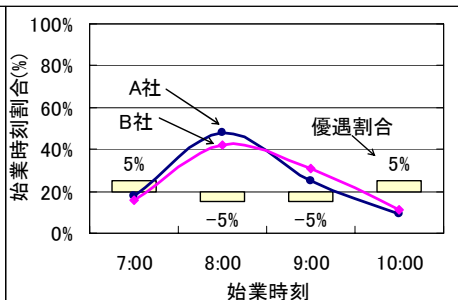
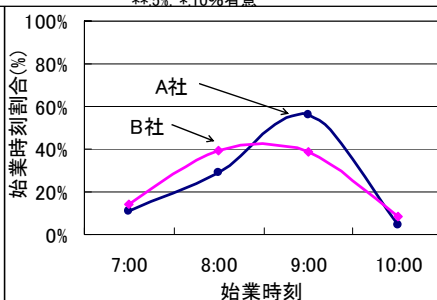
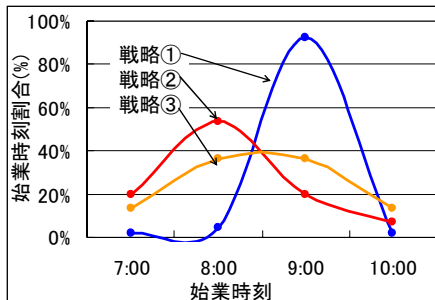


図1. 始業時刻分布の戦略と時刻

図2. 各企業の選択した始業時刻分布

図3. 時刻別優遇時の始業時刻分布

の行動との関連で考察できる方法論である。ゲーム理論は、以下の3つの要素からなる。

1) プレイヤー：

個人や組織(企業、団体など)であり、本研究では、時間集積性を持つA社と時間集積性を持たないB社の2社で考える。

2) 戦略：

プレイヤーの行動計画で、他のプレイヤーがある行動をとった場合に、その行動に応じた自分の行動を表す。本戦略は図1に示す3つの始業時刻分布で、①9:00に一番高い分布割合のピークを持つもの、②8:00にピーク、そして③分散型の分布である。生産額で表す利得は、3.で推定したパラメータから推計し、とりうる始業時刻分布によって時間集積性による生産額は異なる。

3) 利得または効用：

ある戦略をとった場合に、結果的に各プレイヤーが享受する結果で、本研究では、生産額を用いることとし、3.で推定した製造業のパラメータを用いる。両社の戦略より得られた利得の組み合わせを示すものが表2の利得表である。A社の場合、時間集積性をもつため、両社が同時刻に始業することで生産額を戦略①のとき利得が一番大きい。B社は時間集積性を持たないためA社の戦略に関わらず戦略ごと利得は同じである。

ゲームの解の推計は、Mathematica-Journal³⁾からダウンロードできるナッシュ均衡プログラムを用いる。

均衡解は確率で複数導かれるが、本研究では、最適な戦略を選好を行う期待値を始業時刻分布として表すこととする。

(2) 始業時刻変更のシミュレーション

解の期待値を図2に示す。A社は時間集積性を持つためピークが一番大きい9:00に始業時刻が集中し、B社は時間集積性を持たないため、戦略③を支持することが分かる。

さらに、図3の棒グラフのように生産額に対してオフピーク時に5%の優遇、ピーク時に5%の負荷するときのゲームの解は、時間集積性と時刻別の優遇のトレードオフにより、両社とも戦略①を支持せず、②③の戦略を支持し、図3の期待値を得られた。

5. まとめ

本研究では、企業の始業時刻の決定をゲーム理論により表現した。始業時刻分布を戦略とすることで、時間集積性を持つ企業は他社と同時刻に始業することが明らかとなった。また、オフピーク時に優遇することで始業時刻が分散する可能性を示した。

本研究では2人ゲームで3つの始業時刻分布の戦略で行った。今後、N人ゲーム、戦略の設定方法、複数の均衡解の期待値の考え方について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 奥村誠・永野光三:企業行動からみた出社・退社時刻の要因分析,都市計画論文集,No32,pp79-84,1997
- 2) 文世一・米川誠:フレックスタイムが交通混雑に及ぼす影響,日本交通政策研究会,A-260,1999
- 3) <http://www.mathematica-journal.com/issue/v9il/>